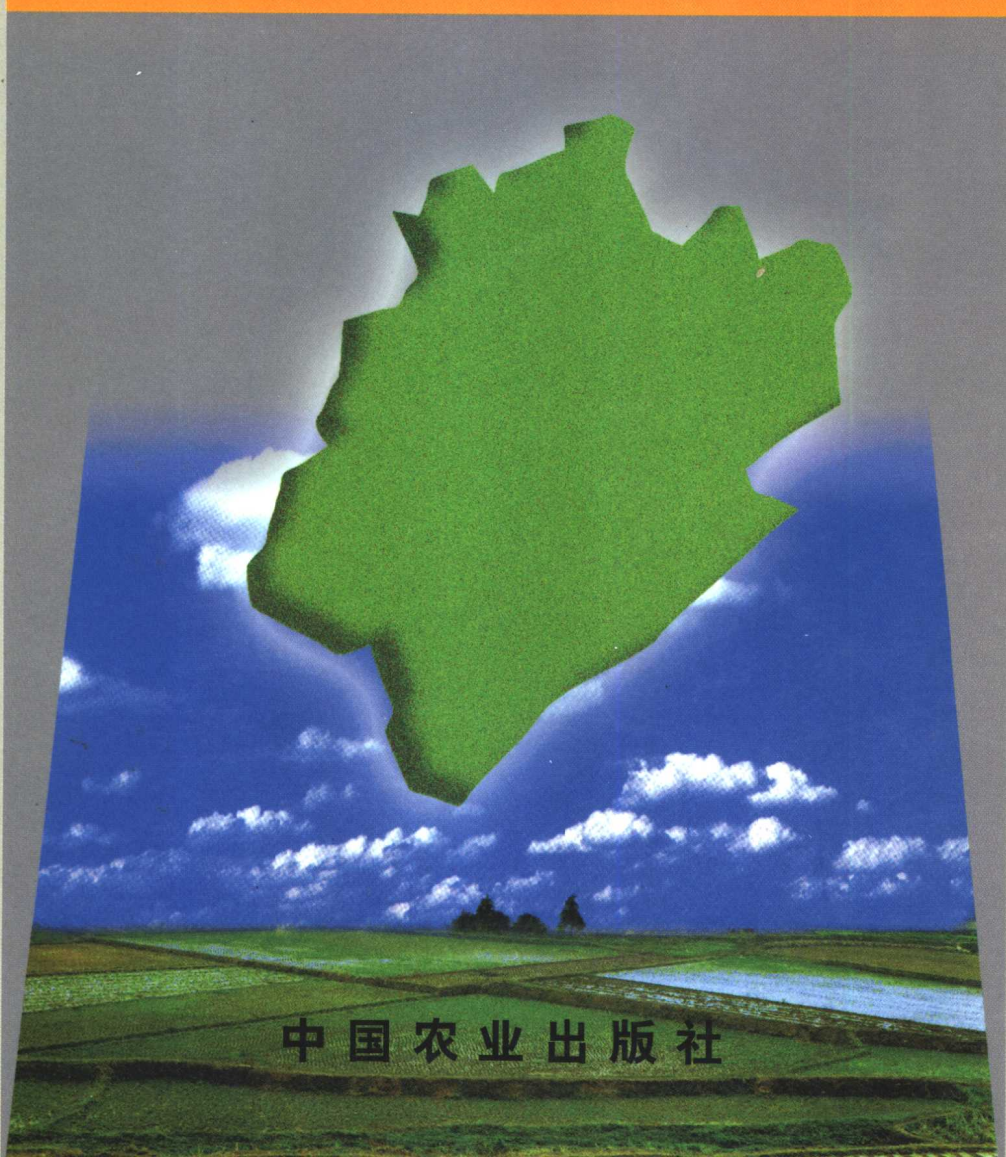


福建省

农业生态系统的特性与调控

曹文志 朱鹤健 著



中国农业出版社

福建省农业生态系统的 特性与调控

曹文志 朱鹤健 著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

福建省农业生态系统的特性与调控/曹文志, 朱鹤健
著.-北京: 中国农业出版社, 2000.3
ISBN 7-109-06209-0

I. 福… II. ①曹…②朱… III. 农业-生态系-研究-福建
IV. S181

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 73523 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100026)
出版人: 沈镇昭
责任编辑 王琦瑛 伏月华

北京通州区京华印刷制版厂印刷 新华书店北京发行所发行
2000 年 4 月第 1 版 2000 年 4 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 9.25

字数: 207 千字 印数: 1~1 000 册

定价: 38.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

前 言

农业的可持续发展涉及到资源、环境、粮食、人类健康等全球性重大问题，因而成为联合国 21 世纪议程和中国 21 世纪议程的重要组成部分，这两个议程为中国农业的可持续发展提供了指导性理论依据。

可持续发展必须落实到具体的地域空间，即一定的区域。区域的可持续发展是实现国家乃至全球可持续发展的基础，农业的可持续发展也不例外。福建是多山的省份，山地、丘陵面积占总土地面积的 87.5%，人、地矛盾突出，农业所必然实施的可持续发展战略应具有福建的特色。福建的农业发展要以可持续发展为指导，结合福建的实际，探讨、分析、研究福建农业资源与环境的结构、功能、历史演变、相互作用、整体构成，以及可持续发展评价、调控和协调措施等重大理论与实践问题。这些问题的研究，不仅有利于福建的农业发展和突出特色，而且也对全国乃至全球其他区域的可持续发展具有参考意义。

因此，以朱鹤健教授为学科带头人的福建省资源与环境“211 工程”重点学科和福建师范大学自然资源研究中心，从 1991 年开始，对福建省的土地与土壤资源开发利用、农业的可持续发展等重大问题展开了系列研究，并以这一研究方向招收博士研究生，现已在农业生态系统建设、土地退化防治以及土壤侵蚀治理等方面取得了系列科研成果，本书是在农业生态系统研究成果的基础上提炼而成的。

本书是运用生态学、经济学、系统论等观点，在 GIS 的支持下，对福建农业生态系统特性及其调控作出分析和探讨，其内容包括以下四个部分。

第一部分，主要阐述了福建农业生态系统的生产特性，从时间的角度，说明了福建主要耕作制度的生产特性和时序特征，其中着重研究了福建冬季农业综合开发的作物布局、品种选择等问题；从空间的角度，研究范围不仅包括农田，而且对福建大面积的山地丘陵果园的果草牧生产模式进行了定位试验和总结。既探索了作物生产的经济效益，又重点分析了其生态和社会效应。在若干农业模式的评价中，提高了生态、社会效益的权重，注重了生态、社会效益的权重，即注重了农业生态环境的改善与农业发展的可持续性。

第二部分，福建农业生态系统的均衡性，运用 GIS 技术，在多因子、多变量区划的基础上对福建的脆弱生态环境进行了综合区划。并从经济上分析了福建各县级单元的农民人均纯收入差别及其产生的原因，并提出调控其均衡性的机制。

第三部分，福建农业生态系统的区域性，研究了福建农业地域分工的现状和演变动态，为区域农业产业化实践提供依据。

第四部分，福建农业生态系统的稳定性，从生态系统的演变理论出发，提出农业生态系统稳定性的度量原理和方法以及评价的指标体系，并对福建的县级农业生态系统的稳定性进行了评价。最后根据评价结果提出了对农业生态系统稳定性的调控措施，丰富和发展了农业的可持续发展理论。

农业生态系统涉及面广，研究基础较为薄弱，研究方法尚欠完善，本研究虽取得一定进展，但一些结果尚属探索性的研究，不足之处，敬请读者指正。

曹文志 朱鹤健

1999年12月

目 录

前 言	
概 述	1
1 农业生态系统的概念和层次	1
2 农业生态系统的特性	2
3 农业可持续发展与农业生态系统特性	4
4 国内外农业生态系统研究特点	5
5 福建农业生态系统特性研究的特点	6
第一章 福建农业生态系统的生产特性	8
1 福建农田生态系统的生产特性	8
1.1 一般概述	9
1.2 福建农田生态系统中粮食生产的特征	12
1.3 福建冬季农业综合开发区划	15
1.4 几种冬季作物生产力变异的生理分析	22
1.5 福建冬季作物生产特性及存在问题	27
2 果草牧生态系统的生产特性	31
2.1 果园草地生态系统的研究方法	32
2.2 果园草地生态系统的效益	33
2.3 果园套种覆盖作物的调控措施	43
2.4 牧草生态系统与畜牧生态系统的整合	44
2.5 节粮型畜牧业的发展	46
第二章 福建农业生态系统均衡性分析	51
1 福建脆弱生态环境分析	51
1.1 气象因素	51
1.2 土壤因素	63
1.3 福建脆弱生态环境综合研究	68
2 福建农民人均纯收入的区域不均衡	71
2.1 效率、公平和经济发展	71
2.2 研究方法	72
2.3 福建农民纯收入区域差异状况	74
2.4 区域农业生态系统均衡性的调控	86
第三章 福建农业生态系统的区域性	87
1 区域化是农业发展的趋势	87

2 资源开发与农业生态系统的区域性	88
2.1 生态农业体现了对农业资源的充分开发	88
2.2 福建土地资源的综合开发方向	89
3 福建农业生态系统区域性格局的研究方法	91
3.1 基本单元	91
3.2 原始指标	91
3.3 独立性检验与聚类指标的生成	92
3.4 聚类分析	93
4 聚类分析结果与分类划区结果	93
4.1 聚类分析结果	93
4.2 分类划区结果	95
5 福建农业生态系统功能格局的动态特点	99
6 农业产业化、专业化与农业生态系统的区域化	104
6.1 区域基础支持系统	105
6.2 动力支持系统	105
6.3 服务支持系统	107
6.4 容量支持系统	107
6.5 农业产业化的关键	107
第四章 农业生态系统稳定性与持续性研究	109
1 农业生态系统稳定性研究的基本原理	109
1.1 农业生态系统稳定性研究的意义	109
1.2 农业生态系统稳定性研究的理论基础	109
1.3 农业生态系统稳定性分析与评价的原则	112
2 区域农业生态系统稳定性分析和评价研究方法	115
2.1 区域农业生态系统稳定性分析和评价流程	115
2.2 农业生态系统稳定性分析和评价指标体系的选择	115
2.3 生态因子指标隶属函数的确定	121
3 福建区域农业生态系统稳定性区划	122
3.1 福建区域农业生态系统稳定性区划的基本数据	122
3.2 福建区域农业生态系统各指标因子隶属函数的确定	123
3.3 福建区域农业生态系统生态因子相对于稳定性的权重确定	127
3.4 福建区域农业生态系统稳定性划区	128
4 福建区域农业生态系统稳定性的差异性分析	131
4.1 福建区域农业生态系统稳定性的生态因子差异性分析	131
4.2 福建区域农业生态系统稳定性的区域差异性分析	133
5 福建区域农业生态系统稳定性的调控策略	137
主要参考文献	138

概 述

自 Tansley (1935) 提出生态系统概念以来, 生态系统的研究被全球的学者所重视, 它最初只是被认为是生物群落及其非生物环境 (生境) 组成的统一的物质能量系统。而现在生态系统的研究范围正从全球未来变化趋势, 直到细菌、病毒生态等, 研究的内容也涉及全球性的能源、粮食、人口、环境等重大发展问题。研究的手段也从经验观察, 到定量实验 (试验) 分析、计算机建模、数值模拟等高科技手段并用, 生态系统的研究已经成为可持续发展研究的重要方面。

1 农业生态系统的概念和层次

自农业产生以来, 农业与生态学之间就存在着密切联系, 在从游牧狩猎农业向定居农业变革, 以及在农业的进化过程中, 生态学知识起了关键性的作用。特别是 20 世纪 60 年代以来, 随着人们生态环境意识的加强, 农业研究已从获取最大的生产量转向提高生产力, 对农业生态系统进行合理利用上来, 而把农业生产建立在可维持的基础上, 使农业适应于生态系统, 而不是生态系统适应农业 (Gulink, 1986)。从此, 有关农业生态系统研究的文献才逐渐多了起来。

当农业被看作农业生态系统时, 就成了具有可控性、明确限定的系统。但最初人们只是把农田作为一个生态系统, 注重研究农田中的各种生态过程和关系 (Ellen, 1982; Lowrance, 1984)。通过认识这些过程和关系而有效地对农田加以管理和调控, 使其具有更高的生产力和更稳定的性质。但随着人们认识的加深, 农业生态系统涵义发生了很大的变化, 它不仅仅局限于农田这一特定的范围, 而将农业生态系统视为由人类管理的, 用来生产食物、纤维和其它农产品的系统。这样以来, 这种系统本身在生物学和物理、化学上的边界变得清晰多了, 系统之间的联系也变得有限而可控, 而且由于去除了多数的植物区系、动物区系和许多的物理、化学过程, 从某种程度上讲, 系统简单化了。但由于人类管理和其它社会经济活动的介入, 系统同时变得复杂起来。

这样以来, 农业自然而然地变成了社会—经济—自然复合生态系统, 因而也包括了许多更广阔、更复杂的内容。Conway (1987) 曾把农业生态系统按研究内容和区域划分为世界、共同体到动植物环境等不同的等级。

系统理论指出, 在不同等级的生态系统中, 高一级的系统行为仅根据低级系统的研究结果是很难被揭示的, 反之亦然。它表明: 农业发展不能单独地或主要地依靠遗传工程, 或对宏观经济政策甚至农业生态系统的探索。农业生态系统等级中的每一个层次都必须以其自身的能力和有关上下层进行分析和推理, 即某一层次农业生态系统的功能并非所有一层次系统功能的总和。其亚系统之间的相互影响、相互作用, 往往对整个系统的功能起

着不可忽略的作用,有关亚系统上下层次某些特性的分析,同样有助于了解大系统的功能。

福建农业生态系统的特性与调控正是建立在对相对低层次的农业生态系统特性以及它们相互关系的分析、评价的基础上。相对低层次的系统不仅包括县级区域的农业生态系统,而且还包括畜牧业亚系统,果草牧亚系统等等。只有清楚了解这种相互交叉、相互作用而构成的网络状的相互关系、特性,才能对福建省的农业生态系统有一个比较全面的、综合的、正确的了解。

2 农业生态系统的特性

与农业生态系统概念的演变相类似,人们对农业生态系统性质的认识也在逐渐加深。Odum (1984) 认为,农业生态系统是人工培育的生态系统,从许多基本方面来看,农业生态系统是介于自然系统和人工制造系统之间的生态系统,尽管农业生态系统和自然生态系统一样以太阳能作为动力,但至少在动植物的种类组成、系统输入输出的特点以及系统的控制等方面,与自然生态系统有着显著的不同。而 G.J.Verelde 认为,一个农业生态系统可以定义为“生物圈可以认识的一部分,受到农业措施等的影响和决定,并且从其结构组成和更典型地从那些组成之间的相互作用中,发展出特定的性质和特点”。简而言之,农业生态系统就是用于农业目的的生态系统。

农业生态系统由于人类活动而变得比较复杂。东南亚农业生态系统网络(SUAN)利用 5 种系统特性(生产性、稳定性、持续性、合理性、自主性)评价农业生态系统的性质。尽管评价这些特性有助于农业的研究与发展,但是由于农业生态系统的综合度量很困难,同一特性在农业生态系统不同等级水平上有差异,农业生态系统评价的推广更因环境和社会条件的不同而有很大的局限性,而环境和社会条件又是多变的。因此,评价和分析某农业生态系统时,必须结合系统本身的自然、经济、社会属性,参考不同的指标,对特定农业生态系统作出分析。

农业生态系统异常复杂,许多生态过程把人、作物、杂草、动物、微生物、土壤和水紧紧地联系在一起,构成一个运行的、并不断发展的生态系统,这个系统是如此的复杂以致于还从未被完整描述和充分地理解过。把农业生态系统的特性简化为有限的几个可分析评价的性质,对于实际分析和管理系统的实践来说都是必要的。

农业生态学家从普通生态系统的特性出发,认为仅有的生产力、稳定性、恢复性还不能说明农业生态系统的性质。因此,Conway (1984) 提出用生产力、稳定性、持续性和公平性来说明农业生态系统的性质。同年,卞有生(1984)也提出类似的四个性质:生产率、稳定性、持续性和均衡性。罗必良(1986)用结构性、开放性和人工性来表征农业生态系统的特征,并且提出作为人工系统的农业生态系统的调节很大程度上是依靠人工调控,因而也失去了许多自然生态系统的稳态机制,表现出的一个突出的特点就是脆性。白效明(1987)根据 Rambo (1985)所指出的,最好将与社会经济有关的属性和农业生态系统有关的属性区别开来,因此作者摒弃了以往描述农业生态系统特性中的社会经济属性,仅采用生产力、稳定性和持续性来作为农业生态系统的特征。而最有影响的、最全面

反映农业生态系统性质的是由东南亚农业生态系统网络 (SUAN) 提出的生产力、稳定性、持续性、合理性和自主性, 这些特征把许多农业生态系统过程结合为单一而又高度聚集的特征, 并由此推断出农业生态系统如何同人类目标相一致 (Marten, 1988), 这些农业生态系统特性的意义为:

(1) 生产力 (productivity) 农业生态系统的生产力, 是指每单位资源的投入所产出的有价值的产品量。由于农业生态系统所投入的资源 and 所产出的产品是多种多样的, 所以生产力的测度指标也多种多样。例如单位土地面积所产出的粮食、水果产量, 或单位能量投入的产出等。

(2) 稳定性 (stability) 稳定性是指系统处于外界因素正常波动的干扰时, 系统生产力的趋势保持不变的特性。这些外界因素是指来自系统外部的物理因素、生物因素、社会因素和经济因素等。系统的稳定性具体可采用在一个时间系列中生产力的变异系数来表示, 变异系数小, 则稳定性大, 反之则稳定性小。

(3) 持续性 (sustainability) 持续性是指系统受到外界干扰时, 系统维持生产力的能力, 这些外界干扰可能是经常的, 有时是连续的、相对较小的、可以预测的, 但具有很大累积效应的干扰力, 如盐渍化、毒性物质的危害、土壤侵蚀、负债式市场需求减少等等; 干扰也可能是突然的、不经常出现的, 影响较大且不易预测的作用力, 如大的干旱和洪水、新出现的病虫害、投入物资价格的突然上涨等。在上述外界因素的影响下, 农业生态系统的生产力可能不受影响; 或生产力先降低, 后来又返回到原来的水平; 或水平有所下降; 或提高到一个较高的水平; 或完全丧失生产力等等, 这些反应对应于系统不同的持续性。持续性可以用度量自然生态系统稳定性的惯性、恢复力、弹性、振幅等来测度 (Orians, 1975)。

持续性度量的复杂性, 使同一农事活动对农业生态系统持续性的影响变得相去甚远, 例如施用农药控制病虫害, 是维持系统生产力的重要手段, 然而施用农药使害虫具有抗药性, 增加了受虫的危险, 降低了持续性。

(4) 均衡性 (equity) 该项特征是指农业生态系统的农产品、农业收益、农业服务等, 在受益人中分配的均匀状况。如果在一个农村生态系统中各农户所占有的粮食或农业收入彼此之间的差异很小, 则系统具有较好的均衡性。均衡性不仅指农产品和收入的分配, 也包括某些资源的分布状况和农业服务的分配状况, 例如土地、资金、技术信息等等。均衡性的度量通常采用罗伦兹 (Lorenze) 曲线和基尼 (Gini) 系数或其它指标来度量。

(5) 自主性 (autonomy) 自主性是农业生态系统自给自足的状况, 它反应了农业生态系统的综合程度, 诸如各组分之间的物质流、能量流、信息流的运动和系统内外物质流、能量流、信息流的输入、输出活动以及对这些活动的控制, 例如输入输出的自给程度等。因此, 其度量也是多种多样的, 因为对同一农业生态系统来说, 系统内部与系统外部之间物质、能量以及对它们的控制方式可能随物质的不同而差别很大, 例如作为输入的自给程度和作为商品的农产品输出的自给程度存在很大的差异。

(6) 结构性 农业是有生命的活动, 其结构也是有生命的。作为系统整体存在的基础, 总体结构又具有不同层次并各具自己独特的行为、功能和作用, 它们综合于复合生态

系统之中，受到总体的制约。

(7) 开放性 农业生态系统中，物质、能量循环是不完全的，由于农业生物产品的经济价值、市场的交换，使大部分的营养元素随产品的输出而离开本系统，同时又不断给系统输入各种辅助能以维持系统的连续运转，并提高其功能。

(8) 人工性 由于其开放性，就必然加入了人工因子，农业生态系统就是以自然生态系统为基础，人工模拟天然生物群落的形式与发展规律而建立起来，进行有效生产的人工系统。因此，人工性是农业生态系统的重要特性。

(9) 区域性 区域性是农业生态系统存在和发展的基础，生态系统的结构和功能与生境有着相互依存的密切关系，系统演替的结果生态系统总是与生境是高度适应的。而农业生态系统只有充分利用区域的自然条件和自然资源，系统的结构和功能才会稳定。区域之间的条件各不相同，因此，不同区域农业生态系统应该具有相应不同的结构和功能，这正是农业生态系统区域性的表现。

农业生态系统的特性还有很多，例如可塑性、可控性等等。分析上述的各个特征，可以发现所有农业生态系统的特性是根据一定的研究目的或者研究角度提出的，其目的是为了强调农业生态系统的某一方面，或某一问题，许多特性的概念在内涵上也有一定的重复，总结起来，Conway 和 Marten 所提出的系统特性具有一定的代表性。因此，本文从农业生态系统的生产力、区域性和均衡性、稳定性和持续性等特性出发，力图系统地、综合地反应福建农业生态系统的特征。

农业生态系统的特性之间，存在着一定的联系，例如稳定性与均衡性、持续性和均衡性等。农产品、农业收益及农业服务在农业生态系统中分布、分配的公平程度，可以认为是影响其稳定性和持续性的重要因素，当分布比较公平时，均衡性就好，利于稳定，反之当分布或分配过于悬殊时，就不利于系统的稳定。

持续性究其本质，是农业生态系统稳定性在较长时段中的动态变化。两者之间的关系是长期变化与瞬时波动的关系，是长期（生态）效益和短期效益的问题，而这些正是在农业实践中经常出现的、需要妥善处理的问题之一。

因此，对区域农业生态系统特性的详细研究，实际上就是对区域农业可持续发展的全面评估和说明，而其调控对策则更是促进农业可持续发展的调控对策。农业生态系统特性及调控的研究是与可持续发展研究相统一的。

3 农业可持续发展与农业生态系统特性

农业的可持续发展思想首先是从农业生态的角度提出的。第二次世界大战以后，工业化国家的全面恢复和高速发展，污染、人口、资源、粮食问题逐渐累积、强化，终于由 Carson 的 *Silent Spring* 所披露，该书揭开了近代生态维护的序幕。农业可持续发展思想应运而生，1987 年世界环境与发展委员会提出“2000 年转向持续农业的全球政策”；1988 年在美国召开了首届“持续农业系统国际会议”；1990 年在印度召开了类似的会议，并成立了持续农业国际联盟；1991 年 FAO 在荷兰召开的国际农业与环境会议上发表了著名的“持续农业与农村发展的登博茨宣言”；1993 年在北京召开了“国际持续农业与农村发展

学术讨论会”；1994年3月中国国务院通过的“中国21世纪议程—人口、环境、发展”白皮书，确定将农业的可持续发展问题列为重要内容，成为中国农业发展的官方抉择和政府行为的准则。

但是迄今为止，“持续农业”或“农业的可持续发展”尚无统一的内涵和公认的定义。农业的可持续性对不同的人来说，有不同的含义（Douglas, 1984）。

1986年，P.R.Poincelot对持续农业的定义为“通过对可更新资源的利用而达到农业的持续发展”；1988年，P.R.Harwood的定义是：“一种朝着更大的、有实用价值的、资源更有效利用的农业，并保持与环境平衡的不断进步”；发展中国家农业持续委员会的解释为“一种能够满足人们需要而不破坏、甚至改善自然资源的农业系统”。由此可见，上述定义说明了对农业自然资源的充分、合理利用。因此，强调了农业可持续发展的自然属性。

以后，持续农业的涵义有所扩展。1989年美国农学会、作物学会、土壤学会近350名科学家讨论的一致意见为：“在一个长时期内，有利于改善农业所依赖的环境与资源；提供人类对食物与纤维的基本需要；经济可行并提高农民的收入以及整个社会生活的一种做法”（Abrol and Katyal, 1990）；1991年，在荷兰召开的国际会议上，FAO作出了一个较为全面的农业持续发展的解释：①积极增加粮食生产，既要考虑自力更生和自给自足的基本原则，又要考虑适当的调剂与贮备，稳定粮食供应和使贫困者获得粮食的机会，妥善地解决粮食问题。②促进农村的综合发展，开展多种经营，扩大劳动力的就业机会，增加农民收入，特别是要消除农村的贫困状况。③合理利用、保护和改善自然资源，创造良好的生态环境，以利于子孙后代生态和发展的长远利益。从这日益完善的定义中可以看出，人们在强调资源和环境的同时，更加强调社会和经济的全面发展。

综合农业生态系统稳定性和农业可持续发展的定义来看，稳定性的保持和农业的可持续发展无论从目的、操作方法和意义上都是高度一致的。从农业的社会属性来看，人类需要的是农业走可持续发展之路；从农业生态系统本身的特性来看，人类需要建立一个有相当生产力、稳定持续的农业生态系统。

因此，建立一个可持续发展的农业，就是在了解区域农业生态系统各种特性的基础上，建立一个具有高生产力的、长期稳定的农业生态系统。

4 国内外农业生态系统研究特点

农业生态系统的研究与评价，建立可持续发展的农业，所涵盖的范围越来越广。国内外的学者根据各个国家和地区的实际情况，提出了许许多多农业模式，如农业发达国家的替代农业、边际农业、以及低投入农业等等，缘由于农业发达国家农产品过剩而环境质量不断下降的事实，而在操作上强调豆科作物的作用，以培肥地力；推行免耕、浅耕、少耕、表层耕作等保护性耕作方法，减少劳动力投入并维护土壤肥力；降低投入（化肥和农药），维持最大化的利润；强调多种作物的间作和混作，增加生态系统的多样性结构；注重土壤中的微生物和碎屑食物链的作用；提倡部分耕地耕作与休闲的交替等。农业发达国家持续农业的实践与经验，对发展中国家尤其中国这样的人地矛盾尖锐的国家，很多是不

适宜的。根据我国各地区的实际,许多学者和专家提出了自己的看法,生态农业、新绿色革命、立体农业、多层次土地利用等模式。这些模式的核心是把资源与生态环境目标结合到农业的社会经济发展目标之中,消除现行农业中的不稳定因素。这些模式尊重自然、注意整体、强调综合、注重信息交流,既增加农业的生产力,又提高其稳定性和持续发展的能力。具体操作方法有:

(1) 注意对资源的合理开发与利用。如对光温资源,强调其在空间、时间以及强度上的充分利用。对土壤等资源则以合理开发利用为主。

(2) 强调农业生物种群之间的合理搭配,人工匹配作物之间的生态位,达到多层次、多渠道循环利用各种资源的目的。

(3) 重视有机肥的作用,对作物秸秆进行直接还田或过腹还田,采用农家肥、化肥相结合的施肥策略,提高化肥的利用效率,培肥地力以提高农业发展的后劲。

(4) 农业生态系统内部食物链结构网络化。通过对食物链进行加环加链,使食物链结构网络化、复杂化,有助于能量的多级循环利用,延缓能量输出农业生态系统的时间,提高物质能量的利用效率。

(5) 提高植被覆盖率。实行草灌乔结合、农果肥结合、粮经饲结合等,形成综合的、多层次的农田植被体系,防止水土流失。

(6) 重视科学技术。实现作物、家畜品种的良好化、施肥结构的最优化,改造中低产田,综合防治病虫害等。

综上所述,中国专家和学者所提出的模式其核心是提高生产力、保护农业生态环境,增强农业生态系统结构的适应性、功能的稳定性以及维护生态平衡,从而实现农业的可持续发展。

有关农业生态系统调控的文献很多,多以“生态农业、良性循环、优化结构、优化模式、集约持久农业、精久农业、生态经济优化”等术语出现。实际都是以提高生产力、增强农业后劲、维护生态平衡为目的的,其研究的特点为:①注重功能的稳定性和能流平衡的分析。②以村和小流域一级的农业生态系统研究为主。③集中于第一性生产力以及种群合理搭配的研究。④农业生态系统结构和功能的研究相结合。⑤集中于种群级别上的时空格局研究。⑥强调社会、经济和生态效益的统一,加强农业生态系统的稳定性和良性循环。

5 福建农业生态系统特性研究的特点

(1) 从数据组成来源看,既有野外定位的土壤侵蚀观测数据,又有室内土壤肥力分析的实验数据;既有大田光合作用观测实验数据,又有社会经济统计数据;既有静态数据,又有动态变化数据,并努力实现数据信息之间紧密结合。

(2) 从论文使用的手段来看,GIS与多元统计分析结合,充分利用了计算机技术,完成大量、繁琐的基础数据处理工作,并达到空间分析的目的。

(3) 从研究对象来看,将研究对象扩大至县域的农业生态系统以及省域的农业生态系统,使分析和研究的问题资料信息可靠,研究过程方法可信,研究原则特点有针对性,战

略措施可操作。

(4) 从研究的理论基础来看，本文从生态系统的基本观点出发，使传统生态学与经济学、系统论等相结合，从多学科交叉的角度认识农业生态系统。

(5) 从研究的方法来看，本文生理与生态相结合、宏观和微观相结合，从作物的生理推知其生态特点。

(6) 理论与实践相结合，使大量的研究结论可以直接服务于农业生产。

第一章 福建农业生态系统的生产特性

福建位于中国东南沿海，北纬 23°32′~28°22′之间，山地丘陵面积约占总土地面积的 87.5%，以戴云山和武夷山两大山带为主体，大致平行海岸线分布，并向东南倾斜直至沿海平原。地形轮廓由西北至东南呈阶梯状式，分别由山地、丘陵、台地和平原组成。其中山地面积占全省土地面积的 53.38%，是面积比例最大的地貌形态。台地、平原仅位于东南沿海呈狭窄带状分布。福建这种特殊的地貌结构决定着福建的农业发展的结构和模式，土地利用类型中以林地面积比例最大、其次为荒草地、再次是耕地，最后是滩涂。因此，福建省农业生态系统的类型可以明显的分为两种：即以开发耕地资源为主的农田生态系统和以开发山地和荒草地资源为主的果草牧生态系统。

1 福建农田生态系统的生产特性

福建是人均耕地面积最少的省份之一，耕地中分布在沿海平原和山间盆地的耕地是福建省农业用地的精华。在福建耕地中，坡度在 0°~2°之间的面积为 56.95 万 hm²，占全省耕地的 36.31%，15°~25°之间的耕地面积还有 13.82 万 hm²，占全省耕地的 13.82%，而坡度>2°的耕地面积在 60% 以上。人均耕地面积少，中低产田比例大是本省农业发展的主要障碍。针对粮食不能自给，福建提出了一系列的方针政策促进粮食的生产。近年来福建的种植业结构组成如表 1-1。从构成中可以明显看出，福建的种植业(农田生态系统)中粮食作物的播种面积为 208.6 万 hm²，占全部农作物播种面积 274.59 万 hm² 的 75.77%，比例相当高。而经济作物和蔬菜等其它作物播种面积的比例仅占 24.3%。这种以粮食生产为主的农田生态系统功能特点正是福建人地矛盾尖锐，粮食缺口大等特点的集中反应。

表 1-1 福建的种植业结构组成

项 目	播种面积 (万 hm ²)	比 例 (%)
一、粮食作物	208.06	75.77
1. 稻谷	151.19	55.06
①早稻	60.66	22.09
②中稻和一季晚稻	30.92	11.26
③双季晚稻	59.61	21.71
2. 大、小麦	15.90	5.80
3. 甘薯	24.42	8.90
4. 马铃薯	4.26	1.55
5. 杂粮	3.31	1.21
二、经济作物	23.45	8.54
1. 油料	11.17	4.07

(续)

项 目	播种面积 (万 hm^2)	比 例 (%)
2. 大豆	8.97	3.27
3. 甘蔗	4.99	1.82
4. 麻类	0.16	0.06
5. 烟叶	3.74	1.36
三、其它	43.08	15.69
1. 蔬菜	24.84	9.05
2. 其他	18.24	6.64
合计	274.59	100

说明：由于缺乏资料，本书研究中未包括金门县及马祖列岛等。

1.1 一般概述

农田生态系统，一般是指基于耕地之上的作物和作物所处的环境构成的系统。而作物的生产力是在“环境—作物”系统内形成的。除 CO_2 外，作物的环境资源主要包括光、热、水分和养分，这些环境资源区域之间的差异很大，再加上农业生态系统受社会经济条件等因素的制约，因此，作物的合理布局是作物发挥其生产特性的基础。另外，环境资源的有限性以及可控性等都制约着作物生产力的发挥。

• 1.1.1 作物合理布局的理论基础

• • 1.1.1.1 作物生态适应性 是决定作物分布和产量、品质形成的基础。作物能否在某区域生长发育，取决于其生态适应性，而生态适应性来自于作物的遗传特性，属于内因的范畴，其它环境因子只是不同程度的影响其正常的生长发育。若区域环境因子的动态进程与该作物的生育节律相吻合，则对某作物是适应的；反之则是不适宜的。侯学煜先生在“从生态学观点谈福建发展大农业的几个战略性问题”中列举了这样的一个例子，福建 1974 年前后在“北果南移”的口号下，在闽北建阳种植几百公顷的苹果树，但是由于该地区春雨多，缺乏华北充足的日照，导致苹果产量低、品质差，这就是作物本身不具备福建自然条件的适宜性。

• • 1.1.1.2 影响作物分布的自然因素

(1) 综合性因素 20 世纪初，Hooker 认为，植物的生命现象不只是决定于某一个因素，而是决定于综合因素。单一过程服从于最低因子定律，但总体服从于综合因素。任何环境因素，不是孤立地对作物起作用，而是与其它因素共同对作物起作用。在福建的水稻生产中，闽西北的顺昌等地水稻的平均单产高于热量条件好的闽东南部分地区，这说明了水稻的生长发育，不仅仅是热量条件等因素孤立地起作用，而是水热关系、土壤养分以及管理等等综合因素作用的结果。

(2) 限制因子 对某环境或某种生物而言，不是所有因子都有同样的重要性。如果生物对某个因子的耐性限度很强，而这个因子在环境中又比较稳定且数量适中，这个因子就不会成为限制因子，若生物对某个因子的耐性限度有限，这个因子在自然环境中易变，则该因子可能是限制因子。Liebig (1840) 提出最小因素（最低浓度）定律，即“生命决定于数量最少的那种营养元素”。最小量因子不仅限制了生物的正常发育，而且限制其它因子的发挥，从而影响生物的生长发育。例如，在福建当前施肥结构的条件下，许多地区土

壤中有效的磷、钾元素极缺，又得不到施肥的补偿，从而影响到作物的产量。

• • 1.1.1.3 影响作物分布、布局的社会经济因素

(1) 人口与耕地 人均占有耕地面积的大小，是决定作物分布的重要因素之一。一般来讲人口越多耕地越少、粮食作物的面积比重就越大。人类对农产品的需要，是作物布局的重要前提，随着人们物质生活水平的提高，人们对农产品的数量和质量的要求越来越高。1995 年福建人均纯收入 2048.59 元，据全国第七位。比全国平均水平 1577.67 元高 29.85%，对农产品的数量以及品质的需求水平相对也较高。福建 1985 年以来人均主要农副产品的需求变化如表 1-2。

表 1-2 福建历年人均农副产品需求量 (单位: kg)

年份	猪肉	蔬菜	植物油	动物油	肉类	家禽	蛋类	水产品	粮食
1985	9.81	133.65	0.87	1.85	9.99	1.72	1.24	3.72	261.76
1990	12.17	136.75	1.38	2.50	12.42	2.68	1.31	4.20	268.60
1991	11.23	152.58	1.45	2.93	11.51	3.13	1.75	4.85	261.38
1992	11.05	128.72	1.65	2.56	11.64	3.58	2.18	4.89	257.40
1993	13.99	108.59	2.00	2.22	18.91	4.18	2.79	7.10	270.91
1994	12.86	118.75	2.43	2.49	17.83	4.16	2.81	8.36	289.24
1995	14.17	105.62	2.11	2.46	20.73	1.97	3.05	9.36	288.22

其中的肉类、植物油、家禽、蛋类包括粮食的人均消费量基本都处于持续上升状况，正是这种生活水平的提高对作物生产的布局提供了激励机制。肉蛋奶来源于第二性生产，第二性生产的发展同样为第一性净初级生产的结构提出了高要求。

(2) 科学技术与生产水平 新品种的使用往往使作物的可种植范围得到扩大，产量得到提高；而作物科技管理水平使作物能够更好的生长发育，产量也能大幅度提高。因此，科技也是影响作物布局的重要因素之一。

(3) 服务体系 从种植到收获、加工、出售各个环节，如果具备完善的服务体系，可以在一定程度上弥补某些自然条件的不足，同样也是影响作物布局的因素之一。福建东南部分地区，对荔枝、龙眼之类的优质果树实行工厂化育苗、嫁接、供苗以及后期管理咨询等，建立了比较完善的服务体系，为优质果树的广泛布局创造了有利条件。

• • 1.1.1.4 作物合理布局的原则 作物布局是根据作物分布的原理应用于区域作物的组成、结构与配置，包括品种结构、种植制度、类型、面积比例以及种植区域等，即要解决种什么作物（品种），怎么种植（作物组合、种植制度、类型），种在哪里（土壤、高度、地貌单元）等问题。因此，福建作物布局必须根据作物的生态适应性、区域自然条件、社会经济条件，进行布局，以实现福建各区域的全面、持续的高产、稳产，优质、高效、低耗、稳定的生产，福建作物合理布局的原则为：①充分利用农业自然资源，在保护自然环境前提下提高资源利用率。②满足人类社会不断增长的生活水平需要，适应国内及国际市场的需求。③促使作物生产系统高产、稳产、优质、高效、低耗，并不断提高其功能。

• 1.1.2 福建耕地的利用概况 耕地是福建农业生态系统中最为稀缺的资源，对福建农田生态系统功能的制约作用较大。耕地的数量、空间分布特征以及耕作制度等直接影响着农